

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛЕЙ ТЕМПЕРАТУР В ПЛОСКИХ ДЕТАЛЯХ ПРИ ДЕЙСТВИИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ И ПОЛУЧЕНИЕ НАНОСТРУКТУР

**Костюк Г.И., **Бруйка О.О.*

**Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»,
Украина, г. Харьков, ул. Чкалова, 17, g.kostyuk206@yandex.ru
**АДИ ДонНТУ, Украина, г. Горловка*

Различные законы движения луча обеспечивались системой управления и измерения температур. Исследование проводилось с применением автоматизированного измерительного комплекса для измерения температур термомпарами.

Рассматривались различные законы движения лазерного луча: движение по спирали Архимеда и по окружностям различных радиусов по заготовкам из стали 1X18H9T толщиной 1 мм и титанового сплава ВТ-4 толщиной 0,8 мм и диаметром 180 мм. Температура измерялась со стороны противоположной подвергающейся облучению.

Для определения необходимой скорости перемещения для образования НС по нашей модели [1] рассчитывались зависимость температуры на поверхности от координаты y (в направлении которой осуществляется перемещение) для различных скоростей перемещения луча, такая зависимость представлена на рис. 1 и тогда принимая в качестве критерия образования наноструктур: температура 500–1000 К и скорости ее нарастания более 10^7 К/с. Видимо применимым будет режим со скоростью перемещения луча 100 м/с когда температура составляет 1500 К, а скорость ее нарастания $2,5 \cdot 10^7$ К/с.

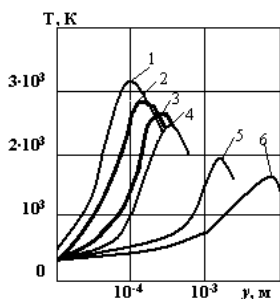


Рис. 1. Изменение температуры на стали 1X18H9T по координате y при различных скоростях перемещения пятна ($\tau=10^{-4}$ с, $R_{П}=10^{-4}$ м, $q=1,8 \cdot 10^{10}$ Вт/м²):
1 – $V_{П}=0$ м/с; 2 – $V_{П}=1$ м/с; 3 – $V_{П}=5$ м/с;
4 – $V_{П}=10$ м/с; 5 – $V_{П}=50$ м/с;
6 – $V_{П}=100$ м/с

С учетом проведенных расчетов выбиралась скорость перемещения лазерного луча 100 м/с которая была в экспериментах.

Так распределение температур по радиусу заготовки из стали 1X18Н9Т (толщина 1 мм) представлены на рис. 2 при движении луча по спирали Архимеда.

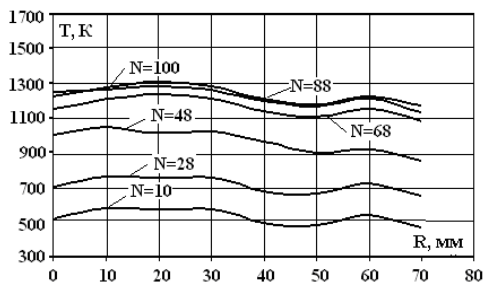


Рис. 2. Распределение температуры по радиусу заготовки (сталь 1X18Н9Т, $q = 2,54 \cdot 10^9$ Вт/м²) движение лазерного луча по спирали Архимеда ($R_{\max} = 70$ мм, толщина 1 мм) при разных количествах проходов N

Видно, что при движении по спирали Архимеда получается практически равномерное распределение температуры по радиусу на обратной стороне заготовки и учитывая расчетные значения мгновенной температуры на поверхности можно заключить, что практически во всем объеме заготовки, начиная с 10 проходов луча по заготовке есть вероятность получения наноструктур в стали 1X18Н9Т.

Результаты эксперимента по нагреву диска радиусом 90 мм и толщиной 0,8 мм из титанового сплава ВТ4 при сканировании лазерного луча по окружности $R = 3$ мм и $q = 3,88 \cdot 10^{10}$ Вт/м², за разное время действие (5, 10, 15, 20, 30, 35 с) представлены на рис. 3. Видно, что при большой плотности теплового потока с ростом времени температуры существенно повышаются даже до радиусов 30–40 мм, тогда как при меньших плотностях теплового потока температура повышается только до радиусов 12–23 мм да и то при времени действия 35 с. В первом случае образование наноструктур возможно от радиуса 9 (5 с) до 45 мм (35 мм), где температура от 500 до 1500 К, а скорость роста температуры составляет $\sim 4 \cdot 10^6$ К/с несмотря на то, что скорость несколько недостаточна, но температурные напряжения составляют величины порядка 10^9 Н/м², что интенсифицирует образование НС.

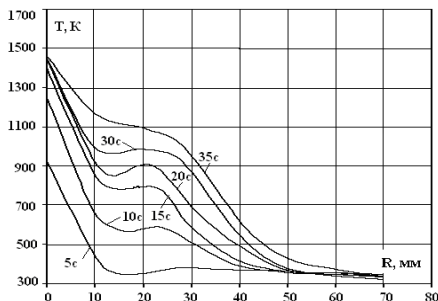


Рис. 3. Распределение температуры по радиусу заготовки для титанового сплава ВТ-4 толщиной 0,8 мм: $q = 3,88 \cdot 10^{10}$ Вт/м² при сканировании лазерного луча по окружности $R = 3$ мм за разное время действия (5, 10, 15, 20, 30, 35 с)

Выводы

1. Показана возможность образования наноструктур во всем объеме заготовки из стали 1X18H9T при движении лазерного луча по спирали Архимеда, начиная от 10 проходов.
2. Доказана возможность получения наноструктур на периферии заготовки из 1X18H9T за счет движения лазерного луча по окружности радиусом 70 мм, что подтверждает возможность создания наноструктур в требуемом месте.
3. Для заготовки из титанового сплава ВТ-4 показана возможность получения наноструктур в различных местах варьируя радиусом окружности (по которой движется лазерный луч), плотностью теплового потока, скоростью перемещения луча по окружности и числом проходов луча по окружности.
4. Показана возможность выбора технологических параметров лазерной обработки для получения наноструктур по следующим критериям: достижение температур 500–1500 К, скорости нарастания температур более или близких к 10^7 К/с и температурных напряжений порядка $10^8 - 10^{10}$ Н/м² (повышают вероятность образования наноструктур).

Библиографический список

1. Костюк Г.И. Нанотехнологии: теория, эксперимент, техника, перспективы [Текст]: моногр./ Г.И. Костюк.-К.:Изд. ц. Межд. академ. наук и иннов. техн., 2012. – 648 с.
2. Костюк Г.И. Эффективные покрытия и модифицированные упрочненные слои на режущих инструментах [Текст]: моногр.-справ./ Г.И. Костюк.-К.:Изд. ц. Межд. академ. наук и иннов. техн., 2012. – 728 с.